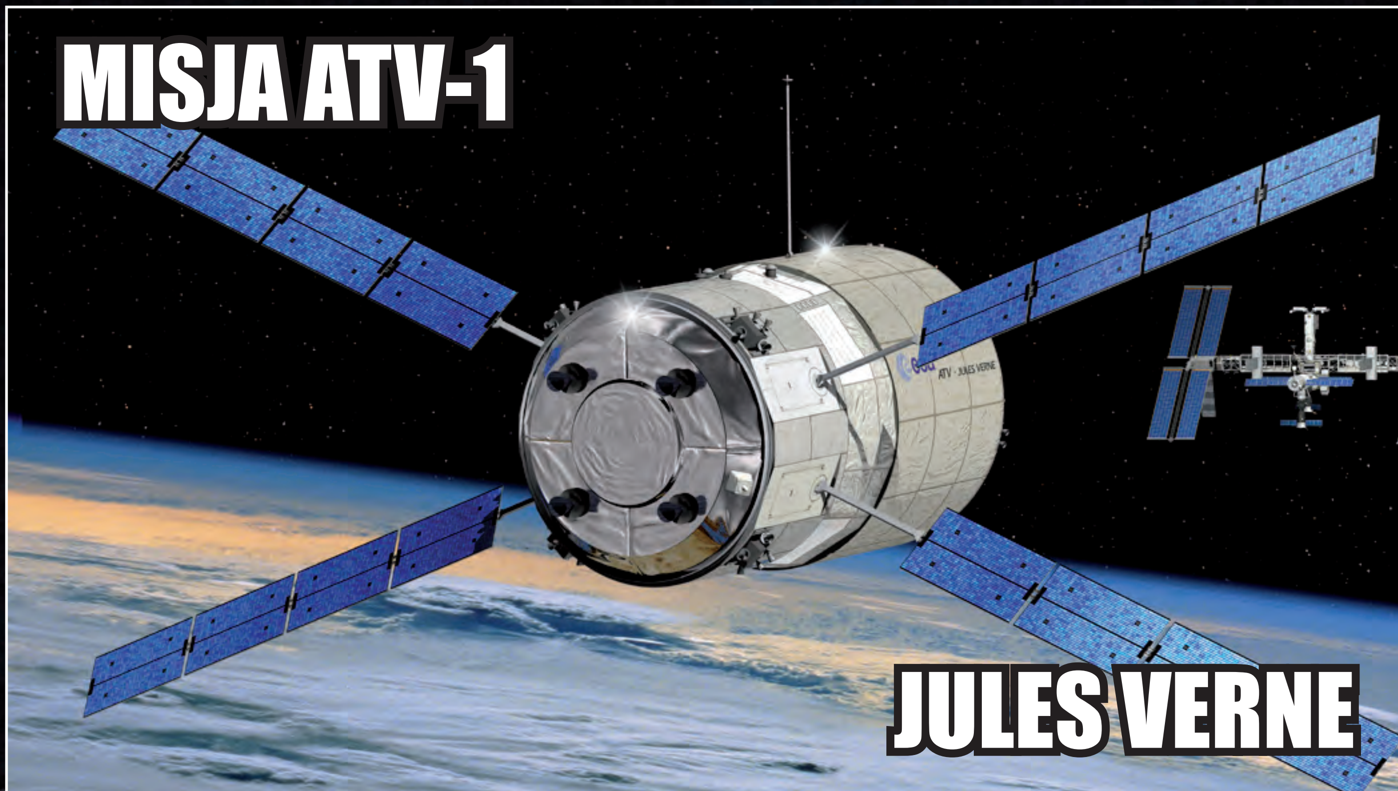


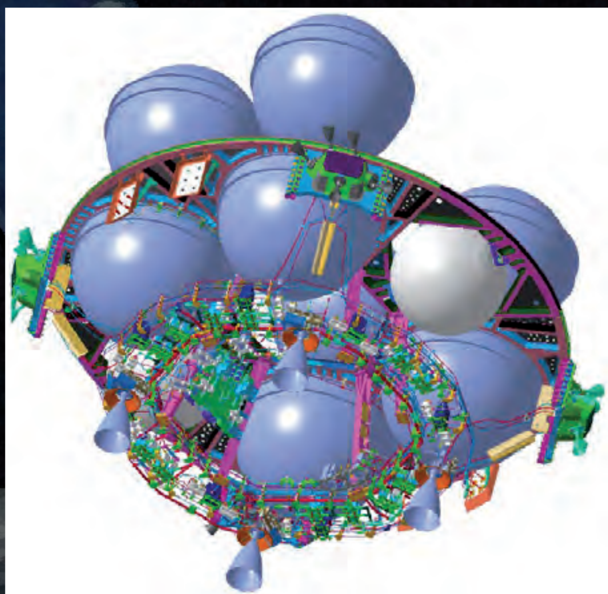
ATV na orbicie z otwartymi panelami słonecznymi

Misja ATV-1 to pierwszy lot europejskiego pojazdu zaopatrzeniowego do międzynarodowej stacji kosmicznej i jednocześnie pierwszy test tego pojazdu w przestrzeni kosmicznej. Jest to bardzo ambitna misja, łącząca w sobie testy automatycznego systemu dokowania, procedur podejścia do ISS, procedur awaryjnego zaprzestania dokowania do stacji i oddalenia się od niej, oraz oczywiście testy układów pojazdu w warunkach orbitalnych.

Producentem ATV jest firma EADS (European Aeronautic Defence and Space Company), a konkretnie jej część odpowiedzialna za projekty kosmiczne EADS-Space (obecnie EADS-Astrium). Pojazd mierzy w przybliżeniu 10 metrów długości i w najgrubszym miejscu ma średnicę około 4 metrów co nadaje mu z grubsza wymiary dwupoziomowego autobusu. Jednak po rozłożeniu czterech krzemowych paneli baterii słonecznych, wzmocnionych włóknem węglowym, zapewniającym wysoką wytrzymałość ‚rozpiętość' pojazdu osiągnie aż 22 metry. Sucha masa pojazdu (pozbawionego paliwa, utleniacza, etc) wynosi 10470 kg, jednak po napełnieniu zbiorników rośnie o 2613 kg, aż do 13083 kg i przy takiej masie pojazd jest już gotowy do lotu. Zwyczajowa konfiguracja zawiera jednak dodatkowe 7500 kg, które stanowi ładunek dostarczany na międzynarodową stację kosmiczną. Cały pojazd, ważący 20750 kg będzie zatem najcięższym ładunkiem użytecznym, z jakim ESA miała do czynienia do tej pory, co bardzo zmieni trajektorię lotu względem klasycznego startu. Dodatkowym problemem, z którym będą musieli zmierzyć się inżynierowie, będą zmienione obciążenia konstrukcyjne podczas lotu. Lot ATV będzie zatem jednocześnie testem samej rakiety.


Przekrój przestrzeni ładunkowej
Ariane 5 ES-ATV

Na układy napędowe ATV składają się cztery silniki główne, używane do zmian orbity o sile ciągu równej 490 Newtonów na silnik (razem około 2 kN), oraz 28 mniejszych silników (korekcyjnych) o ciągu 220 Newtonów, używanych w systemie kontroli orientacji (do obrotu i zmiany położenia pojazdu we wszystkich trzech osiach). Wszystkie silniki są napędzane przez układ dwuskładnikowy, przy czym paliwem jest mo-


Schemat układów napędowych ATV

nometylohydrazyna (MMH), a rolę utleniacza pełni tetratlenek diazotowy. Silniki główne umieszczone są na końcu modułu serwisowego, podczas gdy silniczki korekcyjne są umiejscowione w czterech miejscach na jego boku w odstępie dziewięćdziesięciu stopni (w pakietach po 5 silniczków). Pozostałe osiem silniczków jest zamontowanych z przodu pojazdu.

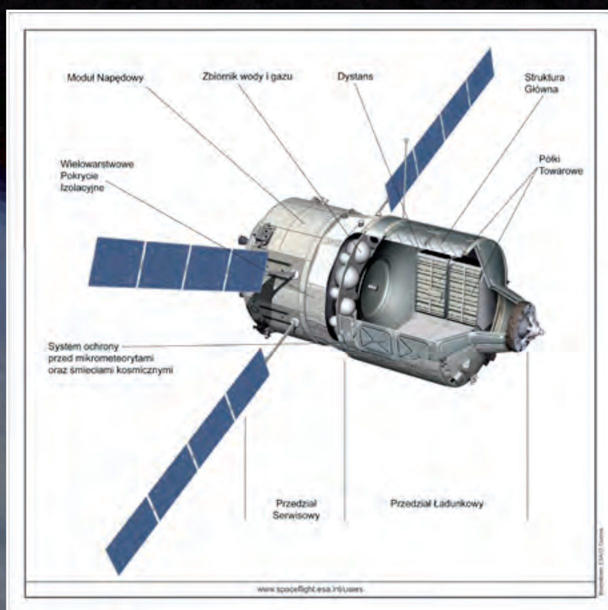
System łączności pojazdu opiera się na komunikacji poprzez satelity TDRS (Tracking and Data Relay Satellite) na częstotliwości S-band (mieszczącej się pomiędzy 2, a 4 GHz). W przypadku, gdy ATV znajdzie się blisko stacji kosmicznej, system może przełączyć się na połączenie bezpośrednie ISS<->ATV na tej samej częstotliwości. Uzupełnieniem systemu komunikacyjnego jest podsystem oparty o GPS, umożliwiający precyzyjne, automatyczne podejście do międzynarodowej stacji kosmicznej oraz dokowanie. Pojazd wyposażony jest w rosyjski system cumowniczy. oraz europejski, optyczny system zbliżeniowy. Rolę awaryjnego układu zbliżeniowego stanowi rosyjski system Kurs.

Układy kontroli środowiskowej, zbudowane są na bazie systemu heat pipe (zamkniętych rurek wypełnionych płynem, który paruje pod wpływem temperatury odprowadzając ciepło, po czym schładza się, kondensuje i zostaje ponownie użyty), odpowiednich farb (odbijających promienie słoneczne, zapobiegając nadmiernemu nagrzewaniu powierzchni) oraz wielowarstwowego pokrycia izolacyjnego (które jest rodzajem ‘kołdry’). Problem stanowi sama budowa ATV – sekcja napędowa i sekcja ciśnieniowa wymagają różnych temperatur do pracy. W przypadku pierwszej musi to być wartość pomiędzy 0-40 stopni Celsjusza, podczas gdy część odwiedzana przez załogę, mająca 48 m3, musi utrzymywać od 20 do 30 stopni Celsjusza. W związku z tym postanowiono rozwiązać dwa problemy za jednym zamachem. Układy elektroniczne nagrzewają się podczas pracy i brak odpowiedniego układu odprowadzającego nadmiar ciepła może spowodować zniszczenie elektroniki (między innymi dlatego sondy wysyłane na Wenus bardzo szybko przestają pracować). Zastosowano więc aż czterdzieści rurek, które przenoszą ciepło z przedziału serwisowego do załogowego, dramatycznie obniżając zapotrzebowanie na energię elektryczną do ogrzewania całości. W przypadku zbliżania się do zbyt wysokiej temperatury we wnętrzu sekcji ciśnieniowej, ciepło zamiast do niej, może być wypromieniowywane w przestrzeń kosmiczną. System umożliwia też wykrywanie pożarów wewnątrz przedziału ciśnieniowego, monitoring temperatury, oraz wymianę powietrza.

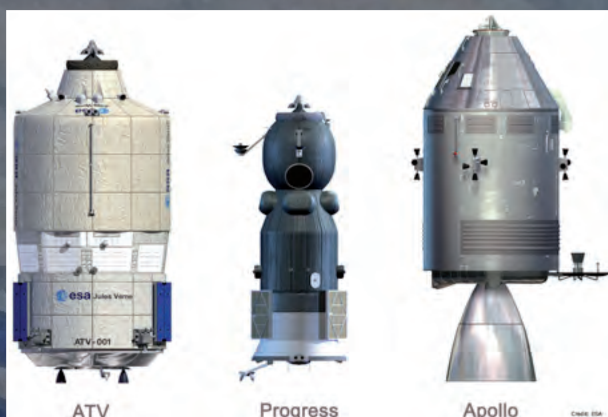

ATV podchodzi do dokowania używając laserowego systemu określania odległości

Wspomniane wcześniej cztery panele baterii słonecznych są w stanie wygenerować 3.8 kW energii elektrycznej, która może być magazynowana w bateriach o pojemności 40 Ah. Dzięki temu możliwa będzie normalna praca pojazdu w warunkach, gdy wejdzie on w cień Ziemi. W przypadku podłączenia pojazdu do Międzynarodowej Stacji Kosmicznej istnieje możliwość zasilania go bezpośrednio ze stacji - pobór mocy wynosi wtedy (maksymalnie) 400W w trybie czuwania (z wyłączoną większością urządzeń), oraz 900W w trybie aktywnym.

Przestrzeń ciśnieniowa pojazdu, do której astronauci mają dostęp po zadokowaniu została wykonana ze stopu Al-2219. Zbudowany jest on głównie z aluminium (podstawa stopu) i miedzi, ale również zawiera



Elementy pojazdu ATV



Porównanie ATV, Progressa oraz Apollo

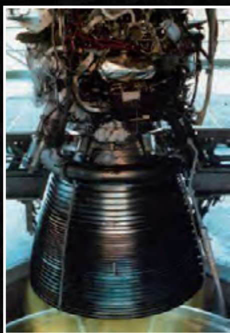
jako domieszki: mangan, żelazo, cyrkon, wanad, krzem, tytan, cynk oraz magnez. Jako ochronę przed mikrometeorytami oraz niewielkimi, kosmicznymi śmieciami zastosowano pokrycie wykonane z elastomeru Al-6061-T6 (powłoka zewnętrzna) oraz Kevlaru (produkowanego przez DuPont) i Nextelu (3M). Ochronę termiczną zapewnia wielowarstwowe pokrycie wykonane z Kaptonu pokrytego warstwą złota, oraz materiału krzemowego, podobnego do włókna szklanego, pokrytego cienką warstwą aluminium. Katpon jest poliamidem, zachowującym stabilność w przedziale temperaturowym od minus 269 do plus 400 stopni Celsjusza, produkowanym przez potentata w produkcji sztucznych materiałów - firmę DuPont. Kapton początkowo był wykorzystywany jako pokrycie izolacyjne w układach elektrycznych samolotów, jednak zaprzestano jego stosowania po tym, gdy okazało się, że drgania i tarcie spowodowane długotrwałą eksploatacją powoduje jego szybkie zużycie, a co za tym idzie spięcia w układach. Podobne incydenty zachodziły również w przypadku promów kosmicznych, o czym świadczą wewnętrzne raporty NASA. Jednak w przypadku misji ATV zużycie to nie stanowi problemu, ponieważ pojazd nie jest zaprojektowany do ponownego użycia.

W zależności od specyfikacji misji, ATV może zabierać od 1500 do 5500 kg towarów w przedziale ciśnieniowym, umieszczonych w ośmiu kontenerach (każdy zawiera cztery przestrzenie ładunkowe - dwie mieszczące po 0,314 m3 i dwie po 0,414 m3), od 0 do 850 kg wody, od 0 do 100 kg gazów (powietrza, tlenu, azotu), od 0 do 860 kg paliwa i utleniacza dla uzupełnienia zasobów stacji kosmicznej potrzebnych do jej stabilizacji, lub od 0 do 4700 kg w przypadku misji polegającej na manewrze podniesienia orbity ISS. Całkowita masa towarów nie może jednak przekroczyć 7667 kg. Dla porównania pojazd transportowy Progress M1 jest w stanie wynieść do 2230 kg, z czego 1800 przypada na przedział ładunkowy.

ATV jest również w stanie przyjąć na pokład do 6340 kg odpadów ze stacji, z czego 840 kg przypada na ładunki ‘mokre’.

W pierwszej misji towar będzie się składał z 1300 kg materiałów suchych zapakowanych do kontenerów. Będą to: jedzenie (500 kg), ubrania (80 kg) oraz części zamienne. Resztę będzie stanowić woda (268 litrów pochodzących ze źródeł z Turynu, odpowiednio przygotowanych wg. norm rosyjskich, czyli zawierających odpowiednie ilości pierwiastków takich jak wapń, fluor, magnez i dezynfekowanych przy użyciu srebra uzyskiwanego w procesie elektrolizy).

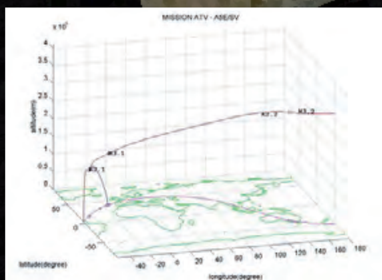
Pojazd jest wystrzeliwany w przestrzeń kosmiczną z kosmodromu ESA znajdującym się w Gujanie Francuskiej. Rolę nośnika pełni zmodyfikowana rakieta Ariane 5, pierwotnie opracowywana na potrzeby europejskiego, załogowego programu kosmicznego, konkretnie jako nosiciel miniwahadłowca Hermes. Prace przygotowawcze nad rakietą tego typu rozpoczęły się w 1984 roku. Cztery lata później rozpoczęto budowę pierwszej rakiety - koszta projektu wyniosły około ośmiu miliardów dolarów. Gdy program ‚Hermes’ został skasowany, postanowiono przystosować Ariane 5 do wynoszenia satelitów - co jednak było pewnym marnotrawstwem, ponieważ była ona zdolna do wynoszenia znacznie cięższych ładunków. Z tego powodu przeprowadzono kolejne prace, by umożliwić wystrzeliwanie dwóch satelitów jednocześnie, choć zależnie od masy i


Silnik rakietowy
Vulcain 2

wielkości satelitów możliwe jest wyniesienie trzech, czterech a nawet większej ich liczby. Ostatecznie Ariane 5 w wersji G jest rakietą dwustopniową, uzyskującą dodatkowy ciąg poprzez doczepienie dwóch silników na paliwo stałe po obu stronach stopnia pierwszego. Każda z takich rakiet waży około 277,5 tony i po uruchomieniu wytwarza 6470 kN ciągu (5860 kN na poziomie morza) - to mniej więcej 26 razy więcej niż wszystkie silniki Boeinga 747, działające z mocą utrzymującą jego prędkość na poziomie 0.9 Macha. Dostarczają one 90% siły ciągu potrzebnego do pokonania wpływu ziemskiego pola grawitacyjnego. Silniki te działają przez 130 sekund, po czym odłączają się od głównego stopnia.


Silnik rakietowy
II stopnia - Aestus

Pierwszy stopień, który zapewnia dodatkowy ciąg (1114 kN w próżni) jest uruchamiany wraz z silnikami na paliwo stałe. Silnik tego stopnia o nazwie Vulcain (francuska konstrukcja) jest silnikiem o stosunkowo dużym ciśnieniu w komorze spalania (108 barów), jednak nie tak dużym jak w rosyjskich konstrukcjach wysokociśnieniowych, czy w przypadku głównych silników wahadłowca SSME, gdzie ciśnienia sięgają 200 barów. Paliwem dla silnika jest wodór spalany w obecności utleniacza, którego rolę pełni ciekły tlen. Drugi stopień, będący jednocześnie swego rodzaju kosmicznym holownikiem, jest zdolny do wielokrotnego zatrzymywania i wznawiania pracy. Dzięki temu możliwe jest wynoszenie satelitów na różne orbity docelowe. Podstawą tego stopnia jest niemiecki silnik Aestus o ciągu 29 kN napędzany kombinacją tetratlenkiem azotu oraz MMH. Pierwotna wersja tego silnika nie mogła być jednak restartowana - z tego powodu konieczna musiała być jego modyfikacja.


Trajektoria lotu
Ariane 5 ES-ATV

Ariane 5 ES, wykorzystywana do wynoszenia ATV jest rozwinięciem Ariane 5G oraz najmocniejszej wersji Ariane 5 - ECA. Różnica pomiędzy 5G a ECA polega na zastosowaniu zmodyfikowanych silników na paliwo stałe (oznaczone jako P241), które zabierają 2,43 tony więcej paliwa przy jednoczesnej redukcji masy (suchej) o 1,9 tony. Silnik pierwszego stopnia został poważnie zmodyfikowany (konstrukcję nazwano Vulcain 2), co zwiększyło jego ciąg do 1350 kN (939,5 kN na poziomie morza). Podniesiono również ciśnienie w komorze spalania do 116 barów, zmieniono stosunek paliwa do utleniacza, co zaowocowało dodatkowym wzrostem osiągów silnika. ECA posiada również zupełnie inny silnik drugiego stopnia - francuski HM7-B - który jest w stanie osiągnąć 64,7 kN ciągu (43 kN na poziomie morza), a jako paliwo wykorzystuje ciekły wodór i tlen.

Ostatecznie Ariane 5 ES-ATV wykorzystuje dwa silniki na paliwo stałe, noszące oznaczenie P241, oraz silnik Vulcain 2, zamontowany w pierwszym stopniu. Drugim stopniem jest natomiast EPS (storable propulsion stage), oparty w dużej mierze na konstrukcji górnego stopnia Ariane 5G, zmodyfikowany do przenoszenia tak ciężkiego ładunku, jakim jest ATV, oraz do innego profilu wznoszenia, jako, że misja ATV będzie się odbywać na niskiej orbicie LEO (low earth orbit), zamiast na odległej orbicie geosynchronicznej, na którą zazwyczaj wysyłano satelity. W związku z tym obciążenia dynamiczne ulegną zmianie. EPS opiera się o sprawdzony niemiecki silnik Aestus, który po raz pierwszy zostanie uruchomiony po separacji od pierwszego stopnia w dziewiątej minucie lotu i będzie pracował przez osiem minut. Aby uzyskać orbitę kołową silnik ten zostanie włączony dwukrotnie, przy czym przerwa pomiędzy uruchomieniami wyniesie 45 minut (tyle potrzeba by pokonać połowę orbity - jest to manewr konieczny do podniesienia perygeum). Po



Ariane 5 na wyrzutni

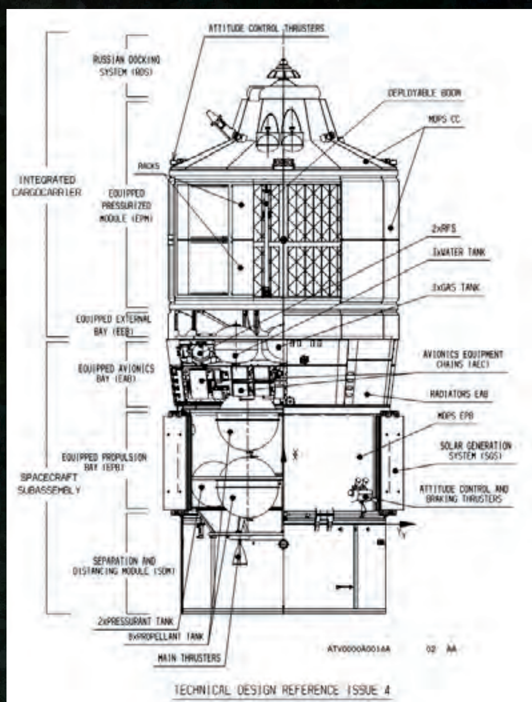


Diagram przedstawiający schemat ATV

tym czasie nastąpi drugie uruchomienie silnika drugiego stopnia (pojazd będzie się wtedy znajdował nad Australią). Cztery minuty po uzyskaniu orbity kołowej na wysokości 260 km, ATV zostanie odłączony od górnego stopnia i rozpocznie samodzielny lot ku Międzynarodowej Stacji Kosmicznej.

Aby nie zaśmiecać orbity, zbędny już górny stopień zostanie deorbitowany i spłonie przy wejściu w atmosferę (dla bezpieczeństwa nad niezamieszkanym obszarem Pacyfiku). Nastąpi to poprzez uruchomienie silnika w pozycji zmniejszającej jego prędkość orbitalną do wartości uniemożliwiającej lot orbitalny.

Część manewrów symulujących manewry w bezpośredniej odległości od stacji (między innymi przerwanie dokowania i odejście na bezpieczną odległość) odbędzie się jednak zanim ATV rozpocznie swoją podróż do ISS (w standardowej misji podróż ta zajmie 3 dni). Umotywowane jest to oczywiście procedurami bezpieczeństwa – w przypadku utraty kontroli podczas dokowania, załoga stacji mogłaby się znaleźć w poważnym niebezpieczeństwie – mogłoby dojść do niekontrolowanej kolizji ze jednym lub wieloma modułami stacji (a więc sytuacji podobnej do wypadku na stacji Mir), poza tym jest to pojazd nieprzetestowany w kosmosie. Po sprawdzeniu wszystkich procedur ATV zmieni swoją orbitę tak, aby dotrzeć w pobliże stacji kosmicznej (w tej misji odbędzie się to aż po trzech tygodniach). Procedura automatycznego dokowania zaczyna się trzydzieści kilometrów od stacji – w tej odległości pojazd przestawia się na bezpośrednią łączność z ISS, podczas gdy system GPS precyzyjnie określa położenie pojazdu. Podejście jest kontynuowane aż do osiągnięcia odległości 3500 metrów od punktu cumowniczego. Na tym etapie ATV zatrzymuje się i czeka na nadanie sygnału, który uruchomi dalszą część procedury. Jest to swego rodzaju zabezpieczenie na wypadek, gdyby na tym etapie zaszły problemy z pojazdem. Po podaniu sygnału, rozpoczyna się finalne podejście i cumowanie. W odległości 250 metrów, uruchamiają się systemy mechanizmu cumowniczego, które automatycznie namierzają punkt dokowania na stacji – od tego momentu pojazd wysyła przekaz wideo do astronautów znajdujących się na jej pokładzie. Włącza się dodatkowy system laserowego pomiaru odległości, który zwiększa precyzję i weryfikuje odległość od stacji, co jest niezbędne w ostatnim etapie dokowania. Pojazd ponownie zatrzymuje się i czeka na kolejne pozwolenie – tym razem na wykonanie zbliżenia do 12 metrów. Po przekroczeniu tej odległości jeszcze zmniejsza prędkość z jaką podchodzi do punktu cumowniczego. Gdy czujniki zarejestrują pierwsze zetknięcie się wysuniętej części mechanizmu dokującego z rosyjską śluzą na module Zvezda, krótki impuls z silników daje ostateczny pęd, potrzebny do prawidłowego pochwycenia mechanizmu cumowniczego, umożliwiającego jego prawidłowe wciągnięcie i ustanowienie połączeń elektrycznych, mechanicznych oraz przenoszących ciecze. Po weryfikacji połączeń pojazd przestawia się tzw. tryb czuwania, po czym astronauci znajdujący na stacji otwierają właz śluzy w module Zvezda, usuwają – teraz już zbędny – system dokujący ATV, odsłaniając metrowej średnicy otwór, dzięki któremu mogą dostać się do przedziału ciśnieniowego. Po zadokowaniu ATV staje się więc tymczasowym modułem stacji orbitalnej ISS i może pozostać na swoim miejscu do sześciu miesięcy.

ATV spala się w atmosferze

Misja ATV-1 będzie unikalną misją ze względu na orbitalne testy pojazdu. Start nastąpi ósmego marca o godzinie 5:25 CET. Dwunastego marca będzie dniem, w którym testowana zostanie procedura unikania zderzenia ze stacją. Sześć dni później Verne osiągnie orbitę parkingową, na której będzie czekał na dalsze instrukcje (w tym czasie będzie trwać misja STS-123). 29 i 31 marca, odbędą się kolejne testy, po czym trzeciego kwietnia planuje się ostateczny test zakończony dokowaniem do Międzynarodowej Stacji Kosmicznej. W przypadku misji ATV-1 odłączenie od ISS jest planowane na siódmego sierpnia.

astronomia
amatorska



stro4u.net

Raport opracowany dzięki działalności forum

ASTRO4U.NET

http://astro4u.net

Raport opracowali:

Marcin Dobrowolski
Krzysztof Kanawka
Adam Piech
Waldemar Zwierzchlejski

Raport opracowano z wykorzystaniem materiałów udostępnionych przez europejską agencję kosmiczną ESA.

Wersja 26022008